

ZADANIA Z PODSTAW TERMODYNAМИKI (studia niestacjonarne)

LISTA NR 3

PODSTAWOWE PRAWA I WZORY

1) Bilans energii obiegu termodynamicznego

$$Q_d - |Q_w| = L_{ob} \quad (1)$$

gdzie

Q_d ciepło dostarczone, J

Q_w ciepło wyprowadzone, J

L_{ob} praca obiegu, J

2) Sprawność termiczna obiegu prawobieżnego (silnikowego)

$$\eta_t = \frac{L_{ob}}{Q_d} = \frac{Q_d - |Q_w|}{Q_d} = 1 - \frac{|Q_w|}{Q_d} \quad (2)$$

Tab. 1. Wzory dla przemian charakterystycznych gazów doskonałych

Przemiana	Izobaryczna	Izotermiczna	Izochoryczna	Adiabatyczna	Politropowa
Równanie ogólne	$\frac{p}{T} = const$	$p\nu = const$	$\frac{p}{T} = const$	$p\nu^\kappa = const$	$p\nu^n = const$
Stosunek ciśnień	$\frac{p_1}{p_2} = 1$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^\kappa$	$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^n$
Stosunek temperatur	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$	$\frac{T_1}{T_2} = 1$	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2}$	$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^\kappa = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1-\kappa}$	$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^n = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1-n}$
Stosunek objętości	$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{p_1}{p_2}$	$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 1$	$\left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)^{\kappa-1} = \frac{T_2}{T_1}$	$\left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)^{n-1} = \frac{T_2}{T_1}$
Praca bezwzględna l_{1-2}	$p(\nu_2 - \nu_1)$ lub $R(T_2 - T_1)$	$RT_1 \ln \frac{\nu_2}{\nu_1}$ lub $p_1 \nu_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$	0	$\frac{p_1 \nu_1 - p_2 \nu_2}{\kappa - 1}$ lub $\frac{RT_1}{\kappa - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$	$\frac{p_1 \nu_1 - p_2 \nu_2}{n - 1}$ lub $\frac{RT_1}{n - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$
Praca techniczna l_{t1-2}	0	l_{1-2}	$\nu(p_1 - p_2)$ lub $R(T_1 - T_2)$	κl_{1-2}	$n l_{1-2}$
Ciepło przemiany q_{1-2}	$c_p (T_2 - T_1)$	$l_{1-2} = l_{t1-2}$	$c_v (T_2 - T_1)$	0	$c_v \frac{n - \kappa}{n - 1} (T_2 - T_1)$

ZADANIA

1. Jeden kg tlenku węgla CO realizuje obieg teoretyczny utworzony przez ciąg przemian: 1-2 izochora, 2-3 izoterma, 3-1 izobara. Mając dane $T_1 = 400 \text{ K}$, $p_3 = 0,2 \text{ MPa}$, $v_3 = 5v_2$ oblicz sprawność teoretyczną obiegu i porównaj ją ze sprawnością obiegu Carnota zrealizowanego w zakresie maksymalnej i minimalnej temperatury obiegu. **Odp: $\eta_t = 0,224$, $\eta_c = 0,8$.**

2. Jeden kg azotu N_2 realizuje obieg składający się z przemian: 1-2 izentropa, 2-3 izobara, 3-1 politropa. Mając dane: $p_1 = 90 \text{ kPa}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $T_2 = 900 \text{ K}$, $T_3 = 1900 \text{ K}$ oblicz sprawność teoretyczną obiegu. **Odp: $\eta_t = 0,35$.**

3. Jeden kg wodoru H_2 realizuje obieg Carnota. Najniższa temperatura obiegu wynosi $T_{II} = T_3 = T_4 = 300 \text{ K}$, zaś najwyższa $T_1 = T_2 = 800 \text{ K}$. Najwyższe ciśnienie w obiegu ma wartość $p_1 = 5 \text{ MPa}$, najniższe zaś $p_3 = 100 \text{ kPa}$. Obliczyć: a) parametry w charakterystycznych punktach obiegu, b) sprawność η_c , pracę obiegu l_{ob} , ciepło doprowadzone q_d oraz wyprowadzone q_w . **Odp: a) $v_1 = 0,66 \text{ m}^3/\text{kg}$, $p_2 = 3,1 \text{ MPa}$, $v_2 = 1,06 \text{ m}^3/\text{kg}$, $v_3 = 12,4 \text{ m}^3/\text{kg}$, $p_4 = 0,17 \text{ MPa}$, $v_4 = 7,28 \text{ m}^3/\text{kg}$, b) $\eta_c = 0,625$, $l_{ob} = 978 \text{ kJ/kg}$, $q_d = 1,56 \text{ MJ/kg}$, $q_w = 586 \text{ kJ/kg}$.**

4. Dwuatomowy gaz doskonały podlega obiegowi prawobieźnemu składającemu się z trzech następujących przemian: izobary 1-2, izochory 2-3 i przemiany 3-1, której obrazem w układzie $p - V$ jest odcinek linii prostej. Parametry gazu w poszczególnych punktach obiegu wynoszą: $p_1 = 100 \text{ kPa}$, $V_1 = 2 \text{ m}^3$, $p_3 = 200 \text{ kPa}$, $T_3 = 600 \text{ K}$, $V_3 = 1 \text{ m}^3$. Obliczyć: a) sprawność obiegu η_t , b) pracę obiegu L_{ob} . **Odp: a) $\eta_t = 0,125$, b) $L_{ob} = 50 \text{ kJ}$.**

5. Silnik cieplny pracuje według obiegu Lenoira składającego się z izentropy 1-2, izobary 2-3 i izochory 3-1. Czynnikiem obiegowym jest dwuatomowy gaz doskonały, którego skrajne temperatury mają wartości: $T_1 = 1973 \text{ K}$, $T_3 = 288 \text{ K}$. Strumień ciepła pobieranego przez silnik wynosi 50 kW . Obliczyć: a) temperaturę T_2 , stosunek ciśnień p_1/p_2 oraz stosunek objętości właściwych v_2/v_1 , b) sprawność termiczną obiegu η_t , c) moc silnika N . **Odp : a) $T_2 = 1139 \text{ K}$, $p_1/p_2 = 6,85$, $v_2/v_1 = 3,96$, b) $\eta_t = 0,293$, c) $N = 14,65 \text{ kW}$.**

6. Silnik pracuje według obiegu Otto, dla którego $T_1 = 373 \text{ K}$, $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$, $\varepsilon = V_1/V_2 = 6$, $\lambda = p_3/p_2 = 1,6$. Czynnikiem roboczym jest 1 kg powietrza traktowany jak gaz doskonały. Określić brakujące parametry termodynamiczne poszczególnych stanów oraz ciepło dodatnie q_d i ujemne q_w , pracę obiegu l_{ob} , sprawność η_t . **Odp: $q_d = 329,7 \text{ kJ/kg}$, $q_w = -162 \text{ kJ/kg}$, $l_{ob} = 471 \text{ kJ/kg}$, $\eta_t = 0,51$.**

7. Określić brakujące parametry termodynamiczne obiegu Diesla oraz ciepło dodatnie q_d , ciepło ujemne q_w , pracę obiegu l_{ob} i sprawność η_t jeżeli $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$, $T_1 = 293 \text{ K}$, $\varepsilon = V_1/V_2 = 12,7$, $\rho = V_3/V_2 = 2$. Czynnikiem roboczym jest 1 kg powietrza (gaz doskonały). **Odp: $q_d = 818 \text{ kJ/kg}$, $q_w = 347 \text{ kJ/kg}$, $l_{ob} = 471 \text{ kJ/kg}$, $\eta_t = 0,576$.**